



# AUSLEGESCHRIFT 1 019 707

S 49419 VIII a / 21 a<sup>2</sup>

ANMELDETAG: 10. JULI 1956

BEKANNTMACHUNG  
DER ANMELDUNG  
UND AUSGABE DER  
AUSLEGESCHRIFT:

21. NOVEMBER 1957

## 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung mindestens einer bei der Übertragung eines modulierten Hochfrequenzsignals auftretenden Verzerrungskomponente sowie Einrichtungen zur Ausübung dieses Verfahrens.

Werden von einem Sender ausgehende, mit einer Nachricht, beispielsweise mit einem Fernsehprogramm modulierte Hochfrequenzwellen z. B. über ein Trägerfrequenzsystem auf Leitungen oder über ein Funkfeld übertragen, so zeigen sich am Ausgang des Übertragungssystems bisweilen Verzerrungen in der Amplitude und in der Phase des Ausgangssignals. In Fig. 1 ist für einen mit einer Sinusschwingung modulierten Träger  $T$  die Ortskurve  $E$  — z. B. eine Ellipse — dargestellt, auf der sich die Spitze des das Hochfrequenzausgangssignal darstellenden Zeigers  $S$  bewegt, wenn beispielsweise bei Zweiseitenband-Amplitudenmodulation im Übertragungsweg das eine Seitenband geschwächt wird und das andere Seitenband in der Phase vorseilt. Der Zeiger  $S$  des Hochfrequenzausgangssignals erscheint dann am Ausgang des Übertragungssystems mit der Signalspannung zusätzlich um den Phasenwinkel  $\varphi$  phasenmoduliert. Bei Gleichrichtung ergibt sich daher das niederfrequente Ausgangssignal des Übertragungssystems zu  $|S| = \sqrt{T^2 + Q^2}$ ; es treten also die sogenannten Quadraturverzerrungen auf. Reine Amplitudenverzerrungen machen sich in Änderungen des Betrages des Vektors  $T$  bemerkbar, reine Phasenverzerrungen durch Änderung des Betrages von  $Q$ . Der aus  $T$  und  $Q$  sich ergebende Vektor  $S$  wandert mit seiner Spitze  $P$  auf der Ortskurve  $E$ , und zwar mit einer von dem Nachrichtensignal abhängigen Zeitfunktion. Die bisher übliche Messung der Größe  $S$  ist unzureichend, da auf diese Weise die Amplitudenverzerrungen und die Phasenverzerrungen nicht gesondert erfaßt werden können.

Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren und eine Einrichtung zur Ausübung dieses Verfahrens, die es ermöglichen, in jedem Fall mindestens eine beliebige Verzerrungskomponente zu messen, also beispielsweise die Amplitudenverzerrung, die sich durch Änderung der Größe von  $T$  bemerkbar macht, oder die sogenannte Quadratur- oder Phasenverzerrung, die sich in einer Änderung des Betrages von  $Q$  äußert.

Gemäß der Erfindung wird dem verzerrten Hochfrequenzsignal ein Hilfsträger gleicher Frequenz, dessen

Verfahren und Einrichtung zur Messung mindestens einer bei der Übertragung eines modulierten Hochfrequenzsignals auftretenden Verzerrungskomponente

Anmelder:

Siemens & Halske Aktiengesellschaft,  
Berlin und München,  
München 2, Wittelsbacherplatz 2

Dr. techn. Günther Kraus, München,  
ist als Erfinder genannt worden

## 2

Phasenlage mit der der zu messenden Verzerrungskomponente zusammenfällt, überlagert und die aus dieser Überlagerung sich ergebende Gleichstrom- bzw. Niederfrequenzkomponente als Maß für die Verzerrungskomponente benutzt.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß man das dem Übertragungssystem entnommene Hochfrequenzausgangssignal  $s$  durch die Gleichung

$$s = U_1 \{ H_1(t) \cos \Omega t + H_2(t) \sin \Omega t \} \quad (1)$$

beschreiben kann. Darin bedeutet  $U_1$  die Amplitude des ursprünglichen Hochfrequenzsignals,  $\Omega t$  die Zeitfunktion des Hochfrequenzsignals,  $H_1(t)$  ein Maß für die Größe  $T$  in Fig. 1 und  $H_2(t)$  ein Maß für die Größe  $Q$  in Fig. 1. Führt man dieses Signal  $s$  — so wie in Fig. 2 gezeigt — einer Überlagerungsstufe, beispielsweise einer Mischhexode, als Steuerspannung  $U_{s1}$  zu und speist das zweite Steuergitter mit einem Hilfsträger

$$U_{s2} = U_2 \cdot \cos (\Omega t + \varphi),$$

so ergibt sich im Ausgang der als Multiplikationsstufe aufzufassenden Überlagerungsstufe ein Anodenstrom  $J_a$ , der sich aus der Gleichung

$$J_a = k \cdot U_{s1} \cdot U_{s2} = k \cdot U_1 \cdot U_2 \cdot \{ H_1(t) \cos \Omega t \cdot \cos (\Omega t + \varphi) + H_2(t) \sin \Omega t \cdot \cos (\Omega t + \varphi) \} \quad (2)$$

errechnen läßt. Darin bedeutet  $k$  eine Röhrenkonstante.

Sollen beispielsweise die Amplitudenverzerrungen bestimmt werden, so wählt man  $\varphi = 0$ , womit sich die Gleichung (2) vereinfacht zu

$$J_a = k \cdot U_1 \cdot U_2 \left\{ H_1(t) \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2 \Omega t \right) + H_2(t) \frac{1}{2} \sin 2 \Omega t \right\}. \quad (3)$$

Durch Unterdrückung der Glieder mit der doppelten Trägerfrequenz  $2\Omega t$ , d. h. durch Aussiebung des konstanten Gliedes, ergibt sich somit im Anodenstrom eine Komponente

$$J_{a1} = k \cdot U_1 \cdot U_2 \cdot \frac{H_1(t)}{2}. \quad (4)$$

Aus dieser Komponente  $J_{a1}$ , die bei moduliertem Träger  $U_1$  eine Niederfrequenzgröße, sonst eine Gleichstromgröße ist, können also bei konstanten Amplituden  $U_1$  und  $U_2$  unmittelbar die im Übertragungssystem auftretenden Amplitudenverzerrungen entnommen werden.

Wählt man in Gleichung (2) den Phasenwinkel  $\varphi = 90^\circ$ , so verschwindet das Glied mit  $H_1(t)$ , und es ergibt sich

$$J_{a2} = k \cdot U_1 \cdot U_2 \cdot \frac{H_2(t)}{2}. \quad (5)$$

Die Komponente  $J_{a2}$  ist demnach ein unmittelbares Maß für die Quadraturverzerrung, die ihre Ursache in der Größe  $Q$  (Fig. 1) findet.

Wird der Phasenwinkel  $\varphi$  beliebig zwischen  $0$  und  $90^\circ$  gewählt, so wird jeweils gerade die Verzerrungskomponente für sich allein gemessen, die mit dem Hilfsträger phasengleich ist.

Analog sind das Verfahren nach der Erfindung und die Einrichtung zur Ausübung dieses Verfahrens auch zur Untersuchung von Übertragungssystemen verwendbar, bei denen ein Niederfrequenzsignal mittels eines anderen Modulationsverfahrens, z. B. Frequenzmodulation, übertragen wird.

Zweckmäßig wird der Hochfrequenzträger vor der Einspeisung in das bezüglich Verzerrungen zu prüfende Übertragungssystem mit einem Normsignal moduliert. Besonders geeignet ist als Normsignal der sogenannte Einheitssprung, der bei anderen bekannten Meßverfahren dieser Art bereits vielfach Anwendung findet.

Einige Ausführungsbeispiele für Einrichtungen werden beschrieben und erläutert, die zur Ausübung des Verfahrens nach der Erfindung Verwendung finden können.

In Fig. 3 ist eine vollständige Meßanordnung schematisch dargestellt, die sowohl die sendeseitige als auch die empfangsseitige Meßeinrichtung für das zu prüfende Übertragungssystem 1 umfaßt. Eine Hochfrequenzquelle 2 speist Hochfrequenzenergie in einen Modulator 3 ein, wo sie mit dem vom Oszillator 4 kommenden Normsignal, z. B. einem Einheitssprung, moduliert wird. Das so modulierte Signal wird über das zu prüfende Übertragungssystem 1 gegeben, an dessen Ausgang zwei Überlagerungsstufen 5 und 6 angeschaltet sind. Diese beiden Überlagerungsstufen werden außerdem mit einem Hilfsträger aus einer Hochfrequenzquelle 7 gespeist. In die Zuleitung von der Hochfrequenzquelle 7 zur Überlagerungsstufe 6 ist ein Phasenschieber 8 eingeschaltet, der es ermöglicht, den Phasenwinkel  $\varphi$  des Hilfsträgers gegenüber dem aus dem Übertragungssystem 1 kommenden Hochfrequenzsignal in der Mischstufe 6 zu variieren. Die Hochfrequenzquelle 7 ist dabei derart eingestellt, daß der von ihr erzeugte Hilfsträger die gleiche Frequenz wie der eigentliche Hochfrequenzträger besitzt und mit diesem in der Mischstufe 5 gleichphasig ist. Beide Überlagerungsstufen 5, 6 speisen die an ihrem Ausgang auftretenden Komponenten ( $J_{a1}$  bzw.  $J_{a2}$ ) in die Anzeigevorrichtung 9, beispielsweise in einen Zweistrahloszillographen, ein. Wird im Phasenschieber 8 der Phasenwinkel  $\varphi = 90^\circ$  eingestellt, so liefert die Überlagerungsstufe 6 die Komponente  $J_{a2}$  und die Überlagerungsstufe 5 die Komponente  $J_{a1}$ . Bei Verwendung eines Zweistrahloszillographen können beide Komponenten gleichzeitig auf dem Anzeigeschirm gezeigt werden. Wird an Stelle eines Zweistrahloszillographen

ein Oszillograph mit Ablenkung in kartesischen Koordinaten benutzt und der Ablenkvorrichtung für die Abszisse beispielsweise die Komponente  $J_{a2}$  und der Ablenkvorrichtung für die Ordinate die Komponente  $J_{a1}$  zugeführt, so zeigt der Oszillograph unmittelbar die Ortskurve des Übertragungssystems, ähnlich wie sie in Fig. 1 mit  $E$  bezeichnet dargestellt ist.

Die oszillographische Anzeigevorrichtung muß nicht unbedingt eine Braunsche Röhre mit elektrostatischer oder magnetischer Ablenkung sein, sondern kann auch eine andere der bekannten Oszillographeneinrichtungen, beispielsweise ein Schleifenoszillograph, sein. Die Komponenten können auch unmittelbar mit Meßinstrumenten bestimmt werden, was vor allem dann zweckmäßig ist, wenn es sich um eine genaue meßtechnische Erfassung dieser Größen handelt.

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel wird der Hilfsträger auf der Empfangsseite des Übertragungssystems 1 neu gewonnen. Dies ist in der Praxis nicht zwingend erforderlich, vielmehr kann der Hilfsträger in ähnlicher Weise, wie es von Einseitenbandempfängern her bekannt ist, in der Empfangsvorrichtung aus dem eigentlichen Senderträger wiedergewonnen werden. Bei Meßobjekten mit geringer räumlicher Ausdehnung oder bei Schleifenbildung des zu untersuchenden Übertragungssystems ist es auch möglich, die Quellen 2 und 7 durch einen einzigen Generator, z. B. durch die Quelle 2, zu ersetzen. Auch kann z. B. die Quelle 2 über eine zusätzliche Leitung die Überlagerungsstufen 5 und 6 speisen.

In Fig. 4 ist gezeigt, wie eine Einrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach der Erfindung ausgebildet werden kann, wenn nur eine Verzerrungskomponente zu bestimmen ist. Es entfällt in diesem Fall ein Zweig für die Überlagerung. Zweckmäßig wird zwischen der Hochfrequenzquelle 7 für den Hilfsträger und die Überlagerungsstufe 5 ein einstellbarer Phasenschieber 8 eingeschaltet. Die einzelnen Teile dieser Einrichtung arbeiten gleichartig zu den entsprechenden Teilen der Einrichtung nach Fig. 3, so daß sich ein weiteres Eingehen auf das Arbeiten dieser Teile erübrigt.

In Fig. 5 ist eine Schaltungsanordnung dargestellt, die es ermöglicht, unmittelbar die Verzerrungen einer Komponente zu bestimmen. Die Einrichtung ist auf der Sendeseite des Übertragungssystems 1 ebenso ausgebildet wie die Einrichtung nach Fig. 3. Auf der Empfangsseite findet zunächst auch in gleicher Weise die Überlagerung mit einem Hilfsträger in der Überlagerungsstufe 5 statt, so daß am Ausgang der Überlagerungsstufe 5 eine Komponente  $J_a$  auftritt, welche die Komponente  $J_{a1}$  oder die Komponente  $J_{a2}$  sein kann, je nach dem im Phasenschieber 8 eingestellten Phasenwinkel  $\varphi$  zwischen Hochfrequenzsignal und Hilfsträger. Nun wird zusätzlich in der empfangsseitigen Einrichtung in einer Stufe 10 das Modulationssignal nochmals neu erzeugt und mittels einer Synchronisationsleitung 11, die an den Ausgang der Überlagerungsstufe 5 angeschaltet ist, auf Phasengleichheit, bezogen auf den Ausgang des Übertragungssystems 1, mit dem ursprünglichen, vom Oszillator 4 kommenden Modulationssignal gebracht. Das in der Stufe 10 neu erzeugte Modulationssignal, z. B. der Einheitssprung, wird über eine Nachbildung 12 für ein ideales Übertragungssystem einer Differenzschaltung  $D$  zugeführt, die die Ausgangsspannung des idealen Übertragungssystems 12 von der Ausgangsspannung, d. h. der Komponente  $J_a$  der Überlagerungsstufe 5 abzieht, wie in anderem Zusammenhang bereits vorgeschlagen worden ist. Die Differenzspannung, das ist die Verzerrung selbst, wird dann gleichartig wie bei den vorhergehenden Ausführungsbeispielen einer Anzeigevorrich-

tung 9 zugeführt, die beispielsweise ein Kathodenstrahl-  
oszillograph sein kann. Wird die Einrichtung nach Fig. 5  
entsprechend der Einrichtung nach Fig. 3 mit einem  
weiteren Meßzweig, d. h. mit einer weiteren Überlage-  
rungsstufe, gegebenenfalls einer weiteren Nachbildung 5  
und einer weiteren Differenzschaltung versehen, so lassen  
sich unmittelbar die absoluten Amplituden- und Quadra-  
turverzerrungen bestimmen. Wird die der Amplituden-  
verzerrung proportionale elektrische Größe der einen  
Ablenkvorrichtung und die der Quadraturverzerrung 10  
proportionale elektrische Größe der anderen Ablenk-  
vorrichtung eines Oszillographen für kartesische Ko-  
ordinaten zugeführt, so läßt sich unmittelbar die Orts-  
kurve der Verzerrungen mittels des Oszillographen  
schreiben. Bei getrennter Messung beider Komponenten 15  
ist eine gleichzeitige Registrierung der Verzerrungen  
von Haupt- und Quadraturkomponente mit einer der-  
artigen Einrichtung möglich. Im übrigen gelten auch  
für diese Einrichtung ebenso wie für die anderen Aus-  
führungsbeispiele die einleitend bezüglich des Phasen- 20  
winkels  $\varphi$  und der Meß- bzw. Anzeigevorrichtung ge-  
machten Ausführungen, was auch bezüglich der Zu-  
sammenlegung der Quellen 4 und 10 zutrifft.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Messung mindestens einer bei der  
Übertragung eines modulierten Hochfrequenzsignals  
auftretenden Verzerrungskomponente, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß dem verzerrten Hochfrequenz-  
signal ein Hilfsträger gleicher Frequenz, dessen 30  
Phasenlage mit der der zu messenden Verzerrungs-  
komponente zusammenfällt, überlagert wird und daß  
die aus dieser Überlagerung sich ergebende Gleich-  
strom- bzw. Niederfrequenzkomponente als Maß für  
die Verzerrungskomponente dient. 35
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Hochfrequenzsignal vor der Über-  
tragung mit einem Normsignal, vorzugsweise mit  
einem Signal nach Art des Einheitssprunges, modu-  
liert wird. 40
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekenn-  
zeichnet durch die Verwendung zur Messung von  
Amplitudenverzerrungen in der Weise, daß der Hilfs-  
träger gleichphasig mit dem verzerrten Hochfrequenz-  
signal eingestellt wird. 45
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekenn-  
zeichnet durch die Verwendung zur Messung von  
Quadraturverzerrungen in der Weise, daß der Phasen-  
winkel zwischen dem Hilfsträger und dem verzerrten  
Hochfrequenzsignal auf  $90^\circ$  eingestellt wird. 50
5. Verfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß dem Hochfrequenzsignal zwei  
Hilfsträger überlagert werden, von denen der eine

zur Bestimmung der Amplitudenverzerrungen und der  
andere zur Bestimmung der Quadraturverzerrungen  
dient.

6. Einrichtung zur Ausübung eines Verfahrens nach  
einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß auf der Eingangsseite eines Über-  
tragungssystems (1), dessen Verzerrungen bestimmt  
werden sollen, ein vorzugsweise mit einem Norm-  
signal, beispielsweise dem Einheitssprung, modu-  
lierter Hochfrequenzgenerator (2) angeschaltet ist  
und daß zur Abnahme des verzerrten Hochfrequenz-  
signals der Ausgang des Übertragungssystems (1) mit  
einer Empfangsvorrichtung verbunden ist, die wenig-  
stens eine Überlagerungsstufe (5) zur Mischung des  
verzerrten Hochfrequenzsignals mit einem Hilfsträger  
enthält, deren aus der Überlagerung sich ergebende  
Gleichstrom- bzw. Niederfrequenzkomponente An-  
zeigemitteln zugeführt wird.

7. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Empfangsvorrichtung mit einer An-  
ordnung zur Gewinnung wenigstens eines Hilfsträgers  
aus dem übertragenen Hochfrequenzsignal versehen  
ist.

8. Einrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die Empfangsvorrichtung mit einer  
Anordnung (7) zur Erzeugung wenigstens eines Hilfs-  
trägers versehen ist, der die gleiche Frequenz wie das  
Hochfrequenzsignal besitzt.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein Phasenschieber (8)  
zur Einstellung der Phase zwischen Hilfsträger und  
Hochfrequenzsignal vorgesehen ist.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Empfangsvorrich-  
tung mit zwei Überlagerungsstufen (5, 6) versehen ist,  
von denen jede mit einem Hilfsträger gespeist ist,  
von denen der eine mit dem Hochfrequenzsignal  
phasengleich und der andere gegenüber dem Hoch-  
frequenzsignal um  $90^\circ$  in der Phase verschoben ist.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet, daß zur Anzeige der aus der  
Überlagerung sich ergebenden Gleichstrom- bzw.  
Niederfrequenzkomponente(n) eine oszillographische  
Anzeigevorrichtung (9) vorgesehen ist.

12. Einrichtung nach Anspruch 10 und 11, dadurch  
gekennzeichnet, daß zur Anzeige eine Oszillographen-  
röhre mit zwei zueinander senkrecht wirkenden Ablenk-  
vorrichtungen vorgesehen ist und daß der einen  
Ablenkvorrichtung die Gleichstrom- bzw. Nieder-  
frequenzkomponente aus der einen Überlagerungs-  
stufe und der anderen Ablenkvorrichtung die Gleich-  
strom- bzw. Niederfrequenzkomponente aus der  
anderen Überlagerungsstufe zugeführt wird.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

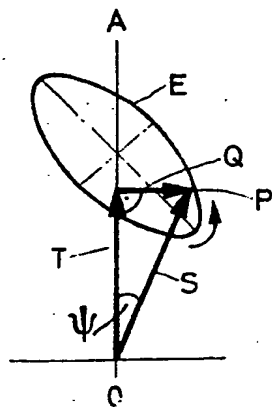


Fig. 2

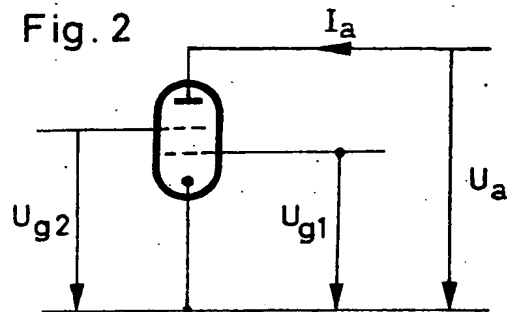


Fig. 3

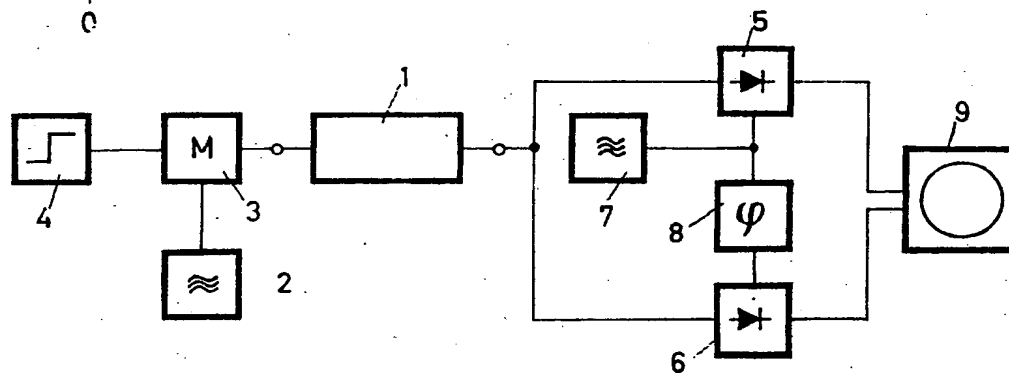


Fig. 4

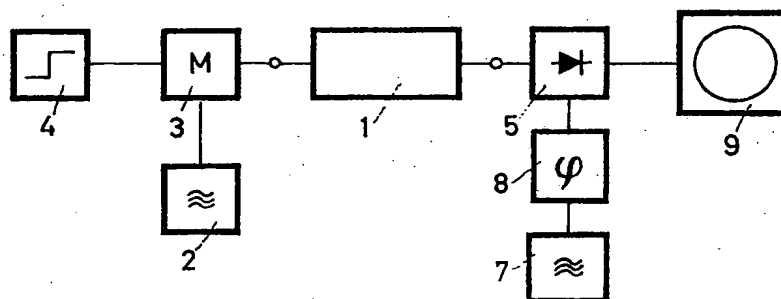


Fig. 5

